

АНАЛИЗ ПЕРЕХОДНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПРОЦЕССОВ В СХЕМАХ АУТОНОМНЫХ ИНВЕРТОРОВ

Переходные процессы в инверторах возникают при включении или отключении схемы, изменении питающего напряжения или нагрузки, частоты управления, а также при нарушении нормальной работы элементов схемы. Наиболее характерными являются переходные процессы, возникающие при скачкообразном изменении возмущающих величин – питающего напряжения, нагрузки, частоты и т.д.

В индукционных нагревательных комплексах нагрузкой инвертора служит индуктор, который представляется схемой замещения последовательной или параллельной и шунтированной конденсатором. Также на входе инвертора обычно ставится LC-фильтр, главное назначение которого защитить питающую цепь от проникновения высокочастотных токов и защитить сам инвертор от тока короткого замыкания при срыве процесса инвертирования.

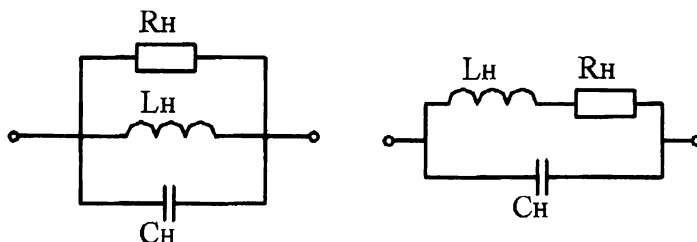


Рис.1

Известно, что многие виды реальных нагрузок имеют достаточно высокую добротность, которая для параллельной схемы замещения индуктора (рис. 1) составляет

$$Q_n = R_n / X_n,$$

где R_n и X_n – активная и реактивная составляющие сопротивления нагрузочного контура.

При этом добротность нагрузочного контура Q_n может принимать значения от 4 до 20.

Если выбрать среднее из этих значений $Q_n = 10$, то проводимость скомпенсированного нагрузочного контура для тока основной гармоники составит:

$$Y_{(1)} = \sqrt{g^2 + (b_{L(1)} - b_{C(1)})^2} = 1/R,$$

где $g = 1/R$ – активная проводимость нагрузочного контура по схеме (рис. 1);

$b_{L(1)} = 10/R$ – индуктивная проводимость нагрузочного контура на основной частоте;

$b_{C(1)} = 10/R$ – емкостная проводимость нагрузочного контура на основной частоте.

Проводимость нагрузочного контура для тока второй гармоники в этом случае составит

$$Y_{(2)} = \sqrt{g^2 + (b_{L(2)} - b_{C(2)})^2} = 15/R,$$

где $b_{L(2)} = 5/R$ – индуктивная проводимость нагрузочного контура для тока второй гармоники;

$b_{C(2)} = 5/R$ – емкостная проводимость нагрузочного контура для тока второй гармоники.

При разложении в ряд Фурье отношение амплитудных значений токов второй $i_{(2)}(t)$ и первой $i_{(1)}(t)$ гармоник составляет

$$I_{m(2)}/I_{m(1)} = 0,425,$$

а отношение амплитудных значений напряжений второй и первой гармоник составит:

$$U_{m(2)}/U_{m(1)} = I_{m(2)} \cdot Y_{(1)} / I_{m(1)} \cdot Y_{(2)} = 0,028.$$

Для более высоких гармоник и добротностей полученное соотношение будет еще меньше. Все это позволяет принять допущение о том, что напряжение на реальной высокодобротной нагрузке синусоидально и может быть представлено в виде эквивалентного зависимого генератора синусоидальной ЭДС

$$U_n = U_m \sin(\omega t + \varphi),$$

где U_m и φ – параметры, определяемые в установившемся режиме работы инвертора. На рис. 2 приведена схема замещения инвертора при принятом допущении. Ранее установлено, что замена реального нагрузочного контура синусоидальной ЭДС позволяет существенно сократить объем вычислений при анализе установившихся электромагнитных процессов. Экспериментальные исследования показали, что синусоидальность напряжения на нагрузке сохраняется и в переходных режимах, что позволяет считать вывод о том, что при высокодобротной нагрузке принятую замену можно использовать и при анализе переходных электромагнитных процессов.

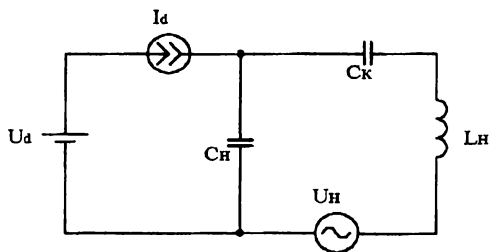


Рис. 2